XR2206 functiegenerator IC

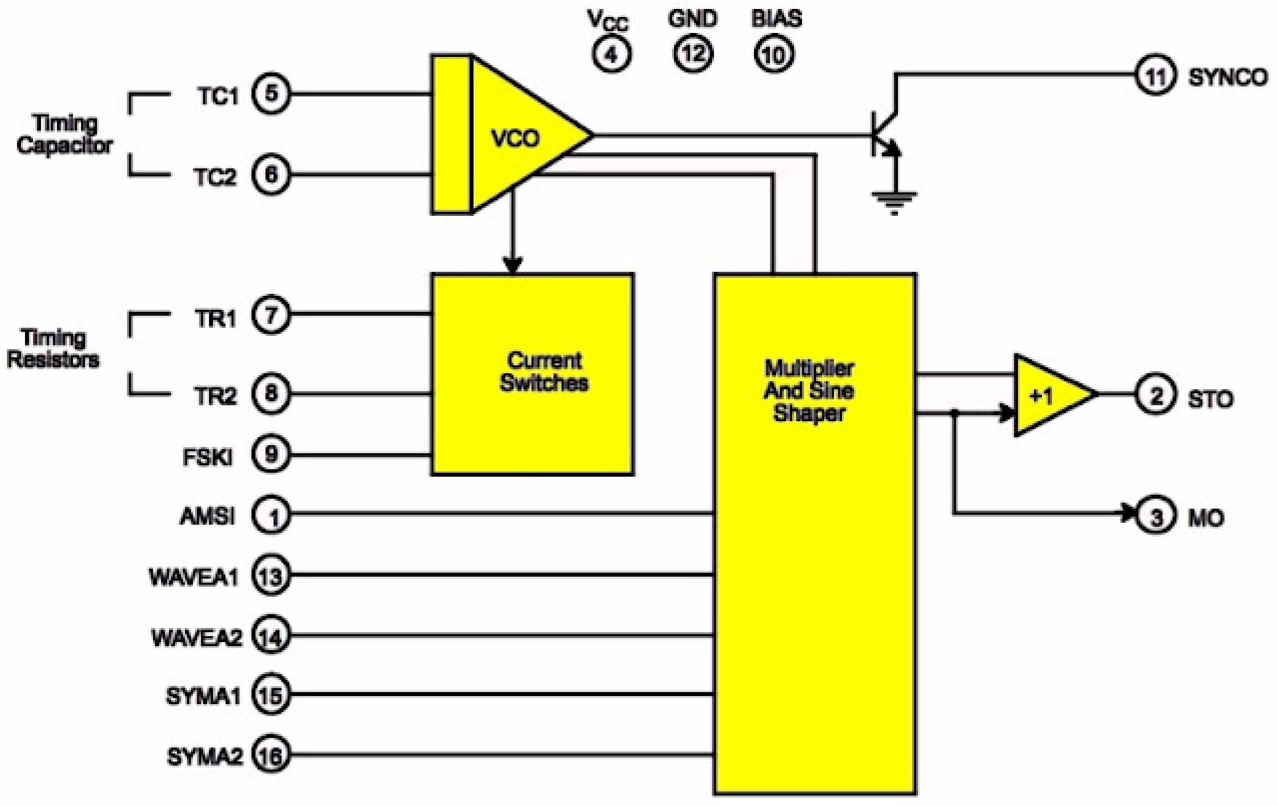
De hoogbejaarde (1972!) en beroemde XR2206 is een prachtig hobby-IC. Hij is goedkoop (een paar euro) en zelfs als u weinig verstand hebt van elektronica kunt u er in een half uurtje een mooie en gegarandeerd werkende signaalgenerator mee bouwen.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 25-06-2018

Kennismaking met de XR2206

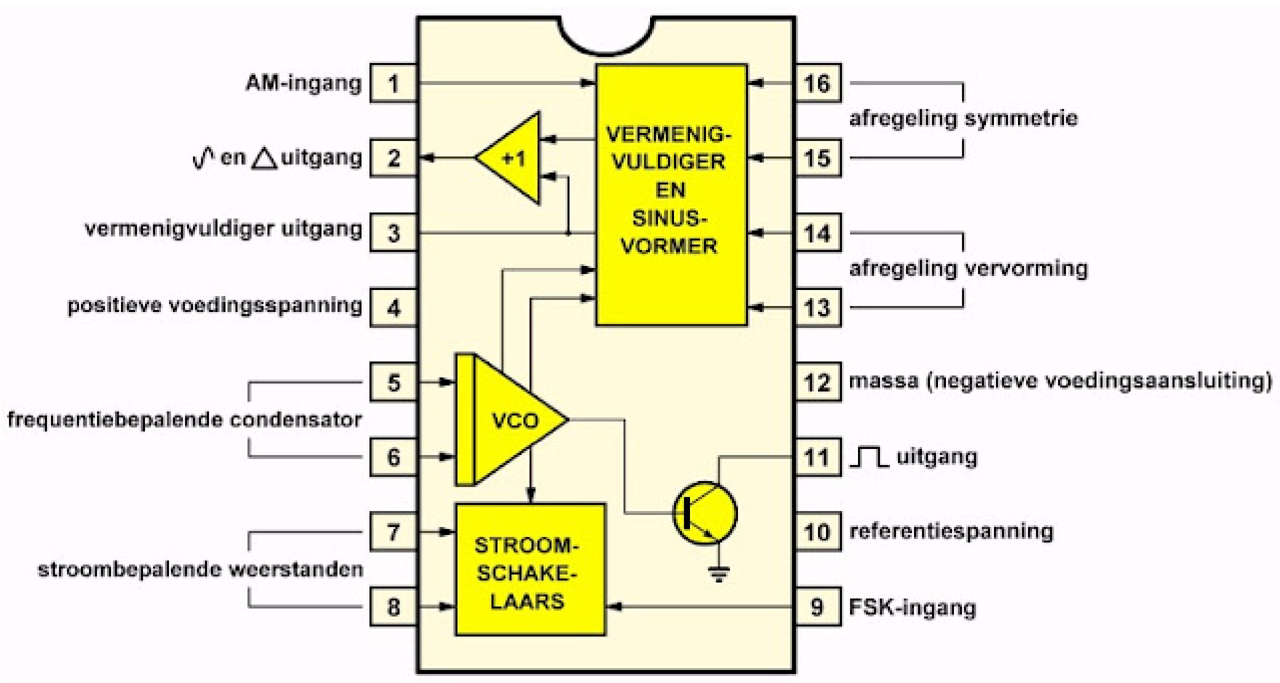
Wat is de XR2206?
De XR2206 is een oeroud IC dat in 1972 door het toenmalige Exar, nu onderdeel van Maxlinear, werd ontwikkeld en binnen een paar jaar uitgroeide tot hét standaard-IC voor het samenstellen van analoge functiegeneratoren. Alle elektronica tijdschriften hebben nabouwschakelingen rond dit IC gepubliceerd en er werden ontelbare bouwsetjes rond de XR2206 ontwikkeld.
Hoewel de XR2206 door de makers als 'obsolete' wordt aangekondigd, liggen er blijkbaar nog hele voorraden opgeslagen in diverse magazijnen en kunt u dit IC voor een paar euro via de bekende internetkanalen bestellen. Diverse voornamelijk Chinese leveranciers brengen nog steeds voor een habbekrats bouwpakketjes van functiegeneratoren rond de XR2206 op de markt.

Intern blokschema en aansluitgegevens
Het intern blokschema en de aansluitgegevens van de XR2206 zijn getekend in onderstaande figuur. Het IC bevat een stroomgestuurde VCO, waarbij de spanning op pen 9 (FSKI) bepaalt of de stroom die uit pen 7 of uit pen 8 vloeit de frequentie definieert. De uitgangen van de VCO gaan intern naar de differentiële ingangen van een modulator, die is uitgevoerd als analoge vermenigvuldiger. In dit blok wordt de sinus afgeleid uit de driehoek. Deze vermenigvuldiger heeft een tweede ingang (pen 1, AMSI) waarmee u de uitgang in amplitude kunt moduleren. Daarnaast heeft de vermenigvuldiger vier afregelpennen (13, 14, 15 en 16) waarmee u zowel de symmetrie van als de vervorming op de uitgangssignalen kunt afregelen.
De VCO stuurt een transistor met open collector, die u kunt gebruiken om de rechthoekvormige uitgangsspanning op te wekken. De hoofduitgang van de analoge vermenigvuldiger gaat naar pen 3 (MO), maar intern ook naar de ingang van een bufferversterker. De uitgang van deze buffer staat ter beschikking op pen 2 (STO). Hiervan kunt u de sinus en de driehoek aftakken. Op pen 10 (BIA) wordt een interne referentiespanning uitgevoerd, die u op deze pen moet ontkoppelen met een condensator.



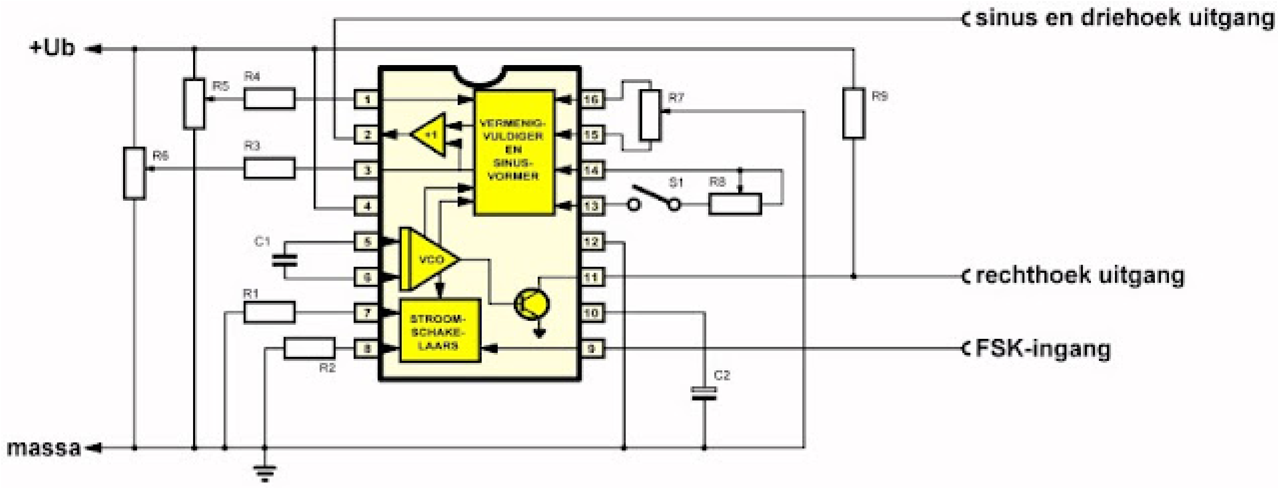
Het intern blokschema van de XR2206. (© 1972 Exar)

De benaming van de in- en uitgangen
In onderstaande figuur is het blokschema in de 16-pens behuizing geperst, zodat u in de praktijk gemakkelijk met het IC kunt werken. Naast iedere pen staat een beschrijving van de functie van de betreffende pen.



De functie van de in- en uitgangen. (© 2018 Jos Verstraten)

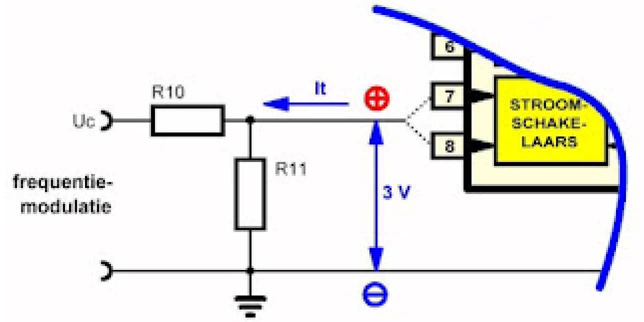
Het basisschema
Het basisschema rond de XR2206 is getekend in onderstaande figuur. Aan de hand van dit schema zullen alle eigenschappen van de XR2206 worden besproken.



Het basisschema rond de XR2206. (© 2018 Jos Verstraten)

De frequentie
De frequentie van het uitgangssignaal wordt bepaald door de waarde van de condensator C1 tussen de pennen 5 en 6 en door de waarde van de weerstanden R1 en R2 tussen de massa en pen 7 of 8. Het wiskundige verband tussen deze onderdelen en de frequentie wordt gegeven door de uitdrukking:
$f = 1 / R \bullet C$
met als eenheden Hz, Ω en F. Aan de waarde van de condensator zijn geen grenzen gesteld. Als u echter, voor lage frequenties, gebruik moet maken van een elco, dan moet de positieve pool verbonden worden met pen 5. Aan de waarde van de weerstanden worden echter wel grenzen gesteld en wel 1 kΩ en 2 MΩ.

Frequentiemodulatie
De pennen 7 en 8 kunnen ook worden gebruikt om de frequentie van de uitgangssignalen te moduleren. U moet dan gebruik maken van het onderstaand schema. De pennen 7 of 8 staan intern op een spanning die 3 V positiever is dan de negatieve voedingsspanning. De frequentie wordt bepaald door de totale stroom I_t die uit deze pennen vloeit. Deze stroom moet in ieder geval kleiner blijven dan 3 mA en wordt bepaald door de waarden van U_c, R10 en R11. De frequentie wordt gegeven door de uitdrukking:
$f = 320 \bullet I_t / C1$
met als eenheden Hz, mA en µF.



Frequentiemodulatie met de pennen 7 of 8. (© 2018 Jos Verstraten)

Frequency Shift Keying
De spanning op pen 9 bepaalt of pen 7 dan wel pen 8 actief is. Als pen 9 open is of op een spanning staat die groter is dan 2 V boven de negatieve voedingsspanning wordt pen 7 geactiveerd. Als de spanning op pen 9 kleiner is dan 1 V boven de negatieve voedingsspanning is pen 8 aan de beurt.

Amplitudemodulatie
De amplitude van het uitgangssignaal is recht evenredig met de spanning die u op pen 1 aanlegt. Deze spanning mag variëren tussen de positieve voedingsspanning en de massa. Als de spanning gelijk is aan de helft van de voedingsspanning zal de amplitude van de uitgangssignalen gelijk zijn aan nul. Positievere of negatievere spanningen hebben een

vergroting van de amplitude tot gevolg, maar de fase draait om.

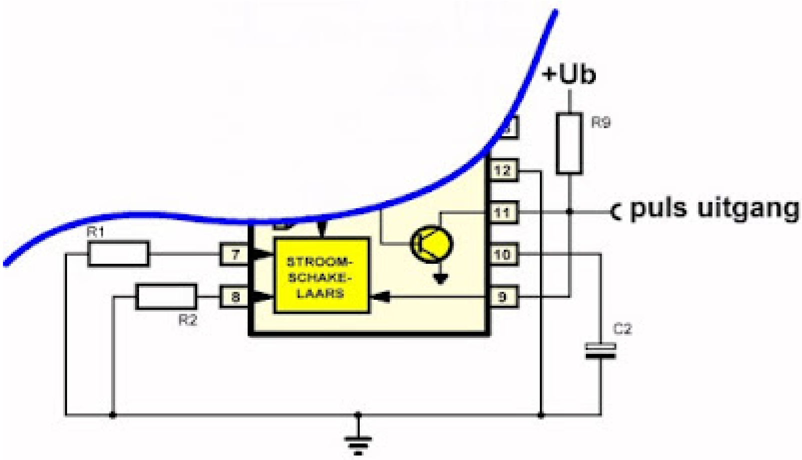
DC-offset
Op de driehoek/sinus-uitgang van het IC (pen 2) staat een gelijkspanning, waarvan de waarde gelijk is aan de spanning die u op pen 3 aanlegt. De spanning op pen 3 moet resistief uit de voedingsspanning worden betrokken, waarbij de weerstand tussen pen 3 en de massa moet liggen tussen 10 kΩ en 100 kΩ.

Sinus/driehoek omschakeling
Op pen 2 ontstaat een sinusvormige spanning als tussen de pennen 13 en 14 een weerstand van ongeveer 200 Ω wordt geschakeld (R8). De vervorming van de sinus kan worden geminimaliseerd door het afregelen van deze weerstand. Op dezelfde pen ontstaat een driehoekvormig signaal als de resistieve verbinding tussen beide pennen wordt verbroken. De amplitude van de driehoek is echter ongeveer het dubbele van deze van de sinus!

De blokgolf uitgang
De blokgolf uitgang op pen 11 is een open-collector trap, die u dus extern van een belastingsweerstand moet voorzien. De voedingsspanning voor deze trap mag maximaal 12 V bedragen.

Symmetrie instelling
De symmetrie van de positieve en negatieve delen van de uitgangssignalen wordt ingesteld door de potentiometer R7 tussen de pennen 15 en 16. Deze moet een waarde van ongeveer 25 kΩ hebben en de loper moet naar de massa gaan.

Zaagtanden en smalle pulsen genereren
Als u echter opzettelijk een zeer asymmetrische puls wilt genereren, bijvoorbeeld een zaagtand (pen 2) of een smalle puls (pen 11), dan kunt u dat niet instellen met de potentiometer. U moet dan gebruik maken van het schema van onderstaande figuur. De FSK-ingang (pen 9) wordt verbonden met de rechthoek uitgang (pen 11). Op deze manier zal de schakeling automatisch omschakelen van de frequentiebepalende weerstand R1 op pen 7 naar zijn soortgenoot R2 op pen 8. De symmetrie kan nu in het brede bereik van 1 % tot 99 % worden ingesteld door de verhouding tussen de twee weerstanden. De weerstanden mogen echter niet kleiner worden dan 1 kΩ en niet groter dan 2 MΩ.



Het schema voor het genereren van zaagtanden en smalle pulsen.
(© 2018 Jos Verstraten)

Specificaties van de XR2206
De specificaties van de XR2206CP, dat is de plastic 16-DIL uitvoering, kunnen als volgt worden samengevat:

- **Voedingsspanning:** 10 V minimaal, 26 V maximaal
- **Voedingsstroom:** 20 mA maximaal
- **Frequentiestabiliteit:** 20 ppm/°C maximaal
- **Frequentiebereik:** 0,01 Hz tot 500 kHz typisch
- **Uitgangsspanning:** 6 $V_{top\text{-}tot\text{-}top}$ maximaal

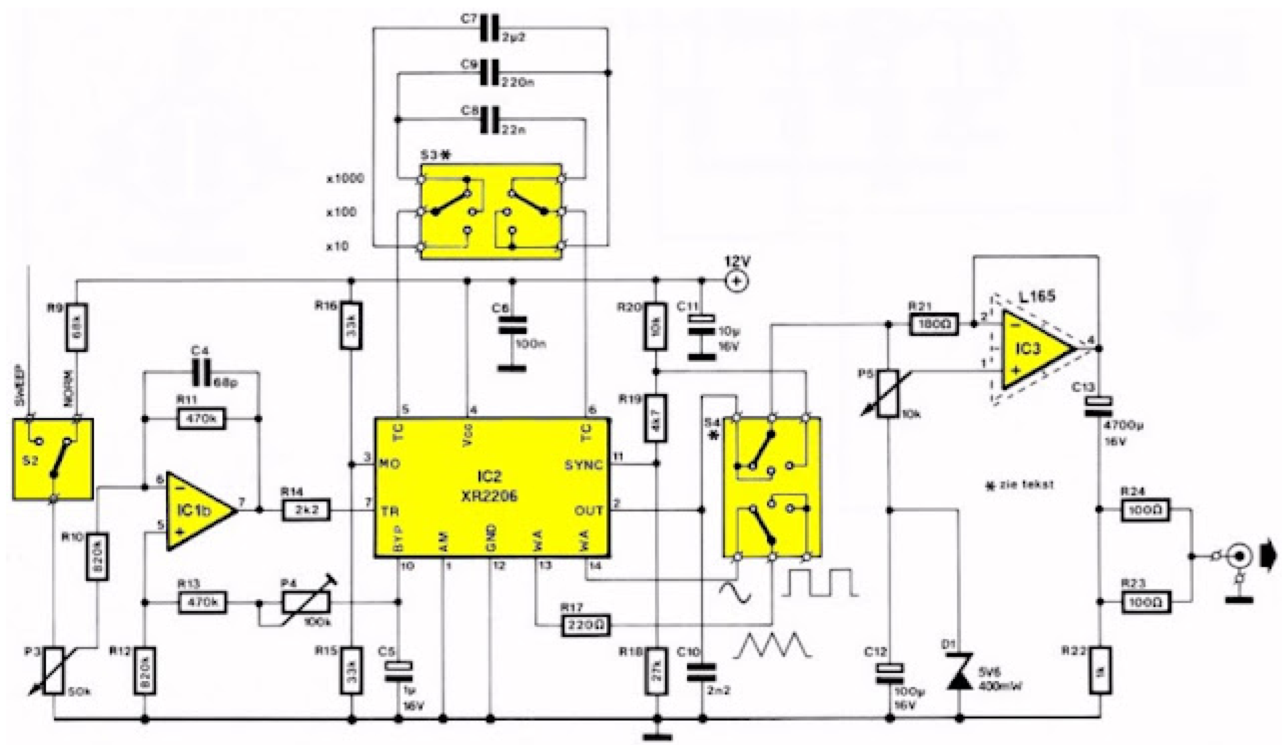
- **Uitgangsimpedantie:** 600 Ω typisch
- **Vervorming op de sinus:** 2,5 % maximaal, 0,5 % typisch na afregeling
- **Niet-lineariteit van de driehoek:** ±1 % maximaal bij 10 kHz
- **Stijgtijd pen 11:** 250 ns typisch
- **Daaltijd pen 11:** 50 ns typisch
- **Bereik van de symmetrie regeling:** 1 tot 99 %
- **Bereik van de amplitudemodulatie:** 0 % tot 100 %
- **Lineariteit van de amplitudemodulatie:** 2 % typisch
- **Bereik van de frequentiemodulatie:** 2.000 op 1 typisch
- **Vervorming op de frequentiemodulatie:** 0,1 % typisch

Een voorbeeldschakeling

Een functiegenerator van 20 Hz tot 200 kHz
In onderstaande figuur, een schema uit elektuur mei 1990, wordt de XR2206 gebruikt als praktische functiegenerator met een frequentiebereik van 20 Hz tot 200 kHz. Dit bereik is verdeeld over drie standen, namelijk:

- 20 Hz tot 2 kHz.
- 2 kHz tot 20 kHz.
- 20 kHz tot 200 kHz.

Deze drie bereiken worden door middel van de 2 x 3 standen schakelaar S3 geselecteerd. De fijne regeling van de frequentie kan zowel met potentiometer P3 gebeuren als met een extern sweepsignaal (schakelaar S2) dat een bereik van 0 tot +5 V moet hebben.
Tussen de ingang op pen 7 en de stuurspanning staat een operationele versterker IC1b geschakeld. Deze is opgenomen in de interne schakelingen van de stroombronnen en verbetert de lineariteit van de frequentie-instelling. Het omschakelen tussen sinus, driehoek en blok gebeurt met een 3 x 2 standen schakelaar S4. De synchronisatie-uitgang op pen 11 wordt gebruikt als blokuitgang en wordt door middel van de weerstanden R18, R19 en R20 op dezelfde top-tot-top waarde ingesteld als de sinus. In dit schema wordt de vervorming van de sinus niet afgeregeld. U kunt uiteraard de vaste weerstand R17 vervangen door een instelweerstand van 500 Ω. Ook de symmetrie wordt niet afgeregeld, maar niemand belet de nabouwer uiteraard om tussen de pennen 15, 16 en de massa de uit de vorige schema's bekende potentiometer van 25 kΩ op te nemen.

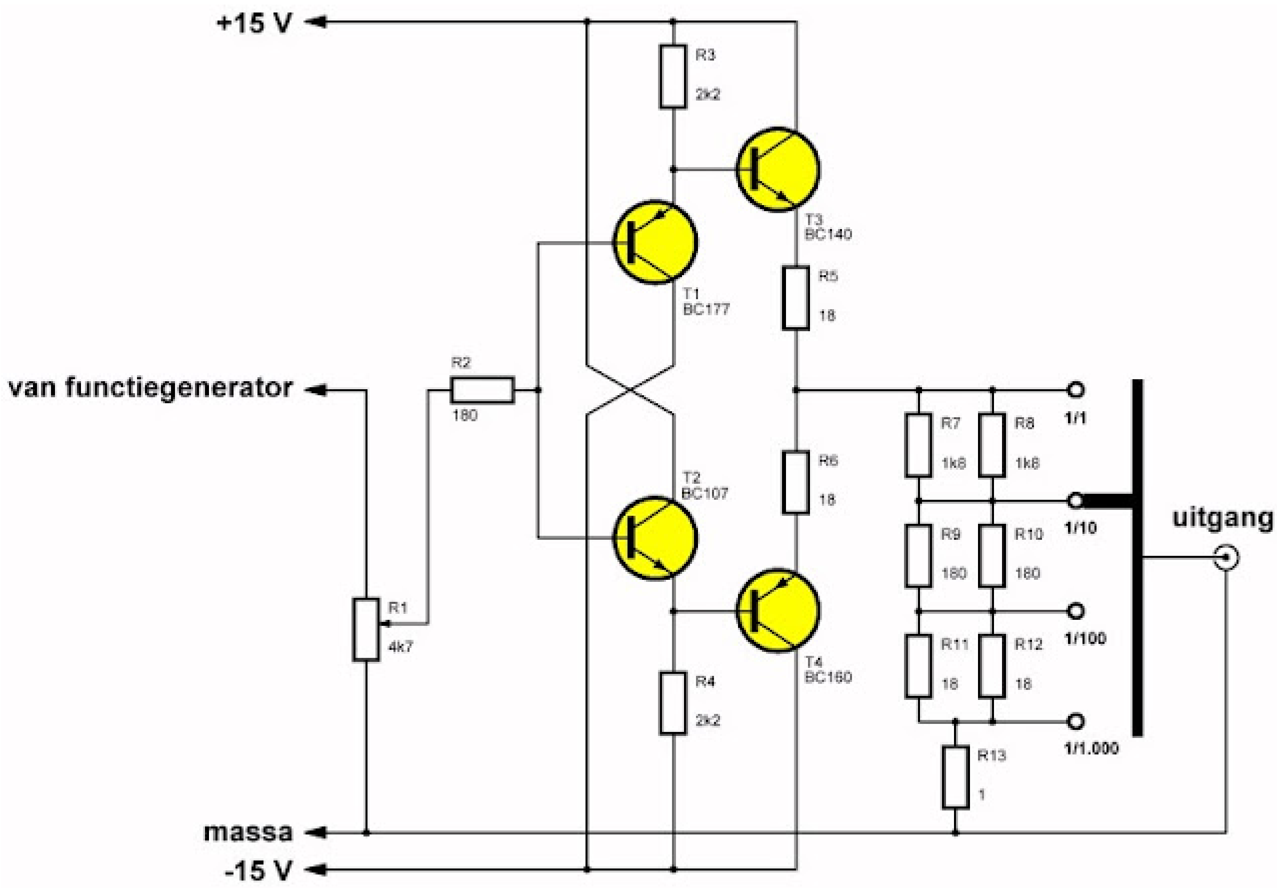


Het schema van een praktisch bruikbare functiegenerator met een

bereik van 20 Hz tot 200 kHz. (© 1990 elektuur)

De uitgangstrap

Het genereren van mooie sinussen, blokken en driehoeken is één ding, deze signalen geschikt maken voor praktisch gebruik is een heel andere kwestie. De XR2206 heeft een vrij hoge uitgangsimpedantie, met als gevolg dat deze schakeling niet in staat is middelzware of capacitieve belastingen rechtstreeks aan te sturen. Het is echter zeer handig als u de uitgang van een functiegenerator rechtstreeks op een luidsprekertje kunt aansluiten om resonantieverschijnselen op te sporen. Dat kan alleen als u de uitgangen van het IC afsluit met een bufferversterker, die in staat is stromen van minstens 50 mA te leveren. Nu is het ontwerpen van zo'n schakeling niet zo eenvoudig. Als die versterker alleen sinussen zou moeten versterker was er geen probleem. Maar de bedoeling is uiteraard dat ook de driehoeken, blokken en eventueel zaagtanden en pulsen keurig door de schakeling komen. Nu hebben deze signaalvormen allemaal veel hoge harmonischen. Als u dus een eindtrap wilt ontwerpen die een blokspanning van 100 kHz zonder merkbare vervorming doorlaat, dan moet zo'n trap een bandbreedte van minstens 2 MHz hebben.
Onderstaande figuur geeft een eenvoudig schemaatje van een universele eindtrap, die zich letterlijk duizendvoudig in de praktijk heeft bewezen. Het is een complementair ontwerp, dat u symmetrisch moet voeden uit ±15 V. Dank zij deze speciale complementaire structuur is de bandbreedte zeer hoog, zodat blokspanningen van 200 kHz zonder merkbare vervorming uit de trap komen. Nadeel is dat de spanningsversterking gelijk is aan een, er wordt dus geen spanning versterkt, wel uiteraard stroom. De uitgangsstroom bedraagt maximaal ±50 mA, waarbij u de twee eindtransistoren wel moet koelen. De trap wordt afgesloten met een resistieve 1/10/100/1.000 spanningsdeler, zodat u de uitgangsspanning van uw functiegenerator tot op de millivolt nauwkeurig kunt instellen.



Het schema van een breedbandige universele eindtrap. (© 2018 Jos Verstraten)